

## Procédé et installation de séparation d'air par distillation cryogénique

La présente invention est relative à un procédé et à une installation de séparation d'air par distillation cryogénique.

5 Il est connu de produire un gaz de l'air sous pression par vaporisation de liquide pressurisé dans une ligne d'échange d'un appareil de séparation d'air par échange de chaleur avec un gaz comprimé à partir d'une température cryogénique. Des appareils de ce type sont connus de FR-A-2688052, EP-A-0644388, EP-A-1014020 et de la demande de brevet FR0301722.

10 L'efficacité énergétique des appareils connus n'est pas excellente car il faut évacuer les entrées thermiques liées à la compression cryogénique.

De plus, pour les schémas tels que celui de la Figure 7 de US-A-5475980, l'ensemble de la turbine couplée au surpresseur froid est associé à un système de dissipation d'énergie (frein d'huile), intégré sur l'axe des machines et technologiquement limité à de petites puissances (de l'ordre de 70  
15 KW).

Néanmoins, ce type de procédé paraît avoir un intérêt économique, en particulier lorsque l'énergie est peu valorisée ou disponible à faible coût. Il est donc potentiellement intéressant de pouvoir s'affranchir de la limite  
20 technologique du frein d'huile intégré à l'axe de l'ensemble turbine/booster.

Un but de l'invention est de proposer une alternative qui permette de réaliser des schémas de procédé à surpresseur froid sans système de dissipation d'énergie intégré à l'axe turbine surpresseur, et donc d'envisager d'utiliser ce schéma pour à peu près toutes les tailles d'appareils de séparation  
25 d'air.

Selon la présente invention, il est prévu un procédé de séparation d'air par distillation cryogénique dans une installation comprenant une double ou triple colonne de séparation d'air, dont la colonne opérant à la pression la plus élevée opère à une pression dite moyenne pression et une ligne d'échange  
30 dans lequel :

a) tout l'air est porté à une haute pression, éventuellement supérieure d'au moins 5 bars à la moyenne pression, et épuré, éventuellement à cette haute pression,

- b) une partie du débit d'air épuré est refroidie dans la ligne d'échange et est ensuite divisée en deux fractions,
- c) chaque fraction se détend dans une turbine,
- d) la pression d'admission des deux turbines est (les pressions des  
5 deux turbines sont) supérieure(s) d'au moins 5 bars à la moyenne pression,
- e) la pression de refoulement d'au moins une des deux turbines est sensiblement égale à la moyenne pression,
- f) on envoie au moins une partie de l'air détendu dans au moins une des turbines à la colonne moyenne pression d'une double ou triple colonne,
- 10 g) un surpresseur froid mécaniquement relié à une des turbines de détente aspire de l'air, qui a subi un refroidissement dans la ligne d'échange, et refoule l'air à une température supérieure à la température d'admission, et le fluide ainsi comprimé est réintroduit dans la ligne d'échange dans laquelle au moins une partie du fluide se (pseudo) condense,
- 15 h) au moins un liquide pressurisé provenant d'une des colonnes est (pseudo) vaporisé dans la ligne d'échange à une température de vaporisation et caractérisé en ce que
- i) la turbine non couplée au surpresseur froid est couplée à un surpresseur suivi d'un réfrigérant
- 20 et éventuellement
- ii) la température d'aspiration du surpresseur froid est proche de la température de (pseudo) vaporisation du liquide.
- Selon d'autres aspects facultatifs de l'invention :
- l'installation comprend, en plus de la double ou triple colonne, une  
25 colonne de mélange et de l'air provenant d'au moins une des turbines est envoyé à la colonne de mélange
- l'air envoyé à au moins une des turbines en amont de la colonne de mélange provient du surpresseur autre que le surpresseur froid et sort de ce surpresseur à une pression supérieure à la haute pression.
- 30 - l'air provenant d'au moins une des turbines est envoyé à la cuve de la colonne de mélange pour participer à l'échange de matière.

- de l'air à la haute pression est envoyé à un rebouilleur de cuve de la colonne de mélange où il se condense au moins partiellement avant d'être envoyé à la double ou triple colonne.

Selon un autre aspect de l'invention, il est prévu une installation de  
5 séparation d'air par distillation cryogénique comprenant :

- a) une double ou triple colonne de séparation d'air, dont la colonne opérant à la pression la plus élevée opère à une pression dite moyenne pression,
- b) une ligne d'échange,
- 10 c) des moyens pour porter tout l'air à une haute pression plus élevée que la moyenne pression, et des moyens pour l'épurer, éventuellement à cette haute pression,
- d) des moyens pour envoyer une partie du débit d'air épuré dans la ligne d'échange pour le refroidir et des moyens pour diviser cet air refroidi en  
15 deux fractions,
- e) deux turbines et des moyens pour envoyer une fraction d'air à chaque turbine,
- f) des moyens pour envoyer au moins une partie de l'air détendu dans au moins une des turbines à la colonne moyenne pression de la double ou triple  
20 colonne,
- g) un surpresseur froid, des moyens pour envoyer de l'air, de préférence soutiré à un point intermédiaire de la ligne d'échange principale au surpresseur froid et des moyens pour envoyer de l'air surpressé dans le surpresseur froid dans la ligne d'échange principale à un point intermédiaire en  
25 amont du point de soutirage,
- h) des moyens pour pressuriser au moins un liquide provenant d'une des colonnes, des moyens pour envoyer au moins un liquide pressurisé dans la ligne d'échange et des moyens pour sortir un liquide vaporisé de la ligne d'échange,
- 30 i) le surpresseur froid est couplé à une des turbines, caractérisée en ce que la turbine non-couplée au surpresseur froid est couplée à un moyen de dissipation d'énergie comprenant un surpresseur suivi d'un réfrigérant.

Selon d'autres aspects facultatifs, l'installation comprend

- une colonne de mélange et des moyens pour envoyer de l'air à la colonne de mélange depuis au moins une des turbines,

- des moyens pour envoyer une partie de l'air comprimé dans le surpresseur constituant le moyen de dissipation d'énergie ou faisant partie de celui-ci à au moins une turbine de détente en amont de la colonne de mélange,

- des moyens pour envoyer de l'air provenant d'au moins une des turbines dans la colonne de mélange pour participer à l'échange de matière.

- des moyens pour envoyer de l'air à la haute pression dans un rebouilleur de cuve de la colonne de mélange et des moyens pour envoyer de l'air au moins partiellement condensé dans ce rebouilleur de cuve à la double ou triple colonne.

On utilisera une turbine complémentaire, fonctionnant en parallèle de la turbine du premier ensemble turbine surpresseur, et équipée de son propre système de dissipation d'énergie. Favorablement, ce système sera un surpresseur suivi d'un réfrigérant à eau installé en partie chaude.

« Proches en termes de pression » veut dire que les pressions diffèrent d'au plus 5 bars, de préférence d'au plus 2 bars. « Proches en termes de température » veut dire que les températures diffèrent d'au plus de 15°C, de préférence au plus 10°C.

Un surpresseur est un compresseur à un seul étage.

Toutes les pressions mentionnées sont des pressions absolues.

Le terme « condensation » comprend la pseudo condensation. Le terme « vaporisation » comprend la pseudo vaporisation.

Cette invention se distingue de US-A- 5 475 980 en ce sens que dans la Figure 4 (turbine 9 optionnelle), les deux turbines 8, 32 aspirent à des pressions très différenciées, la différence étant d'au moins 14 bars et dans la Figure 5, la différence de pressions est d'environ 13 bars et une turbine échappe à la basse pression, ce qui est pénalisant pour de l'oxygène pur.

L'invention sera décrite en plus de détails en se référant aux figures dans lesquelles :

- Les Figures 1 et 2 représentent un appareil de séparation d'air selon l'invention.

- Dans la Figure 1, un débit d'air à la pression atmosphérique est comprimé à environ 15 bars dans un compresseur principal (non-illustré). L'air est ensuite éventuellement refroidi, avant d'être épuré pour enlever les impuretés (non-illustré). L'air épuré est divisé en deux. Une partie de l'air 3 est envoyée à un surpresseur 5 où elle est comprimée jusqu'à une pression d'entre 17 et 20 bars et ensuite l'air surpressé est refroidi par un réfrigérant à l'eau 7 avant d'être envoyé au bout chaud de la ligne d'échange principal 9 de l'appareil de séparation d'air. L'air surpressé 11 se refroidit jusqu'à une température intermédiaire avant de sortir de la ligne d'échange et d'être divisé en deux fractions. Il est évidemment possible qu'une fraction du débit 11 poursuive son refroidissement jusqu'au bout froid de la ligne d'échange 9 d'où il sortira liquéfié. Une fraction 13 est envoyée dans une turbine 17 et le reste, une fraction 15 est envoyée dans une turbine 19. Les deux turbines ont la même température et pression d'aspiration et la même température et pression de sortie mais il est évidemment possible que ces températures et pressions soient proches les unes des autres au lieu d'être identiques. Les deux débits turbinés sont mélangés pour former un débit 21 d'air dont une partie 121 est envoyée vers la double colonne et le reste 122 vers la colonne de mélange 300. Le débit 122 constitue une partie du débit 21 ou éventuellement une fraction de la partie gazeuse du débit 21 dans le cas où celui-ci est diphasique. Il est évidemment possible d'envoyer tout le débit 21 à la colonne moyenne pression 100 et d'en sortir une partie gazeuse 122 pour envoi à la colonne de mélange, la colonne moyenne pression remplaçant dans ce cas, le séparateur de phases. Les pressions de la colonne moyenne pression et de la colonne de mélange peuvent être différentes. En variante, la turbine 19 peut être une turbine d'insufflation débouchant à la pression de la colonne basse pression.

Une autre partie 2 de l'air à 15 bars constituant le reste de l'air est refroidie dans la ligne d'échange à une température intermédiaire supérieure à la température d'aspiration des turbines 17, 19, comprimée dans un deuxième surpresseur 23 jusqu'à 30 bars environ et réintroduite dans la ligne d'échange 9 à une température plus élevée afin de poursuivre son refroidissement.

Ainsi, l'air 37 à 30 bars environ se liquéfie dans la ligne d'échange et de l'oxygène liquide 25 se vaporise dans la ligne d'échange, la température de

vaporisation du liquide étant proche de la température d'aspiration du deuxième surpresseur 23. L'air liquéfié sort de la ligne d'échange et est envoyé vers le système de colonnes.

Un débit d'azote résiduaire 27 se réchauffe dans la ligne d'échange 9.

5 Le premier surpresseur 5 est couplé avec l'une des turbines 17, 19 et le deuxième surpresseur 23 est couplé avec l'autre des turbines 19, 17.

Le système de colonnes d'un appareil de séparation d'air est constitué par une colonne moyenne pression 100 thermiquement reliée avec une colonne basse pression 200 à minaret, une colonne de mélange 300 et une colonne  
10 argon optionnelle (non-illustrée). La colonne basse pression ne comporte pas obligatoirement de minaret.

La colonne moyenne pression opère à une pression de 5,5 bars mais peut opérer à une pression plus élevée.

L'air 121 provenant des deux turbines 17, 19 est le débit envoyé en cuve  
15 de la colonne moyenne pression 100.

L'air liquéfié 37 est détendu dans la vanne 39 ou éventuellement dans une turbine et envoyé au système de colonnes.

Du liquide riche 51, du liquide pauvre inférieur 53 et du liquide pauvre supérieur 55 sont envoyés depuis la colonne moyenne pression 100 vers la  
20 colonne basse pression 200 après des étapes de détente dans des vannes et de sous-refroidissement.

De l'oxygène liquide est pressurisé par la pompe 500 et envoyé comme liquide pressurisé 25 vers la ligne d'échange 9. D'autres liquides, pressurisés ou non, peuvent se vaporiser dans la ligne d'échange.

25 De l'azote gazeux est optionnellement soutiré de la colonne moyenne pression et se refroidit également dans la ligne d'échange 9.

De l'azote 33 est soutiré en tête de la colonne basse pression et se réchauffe dans la ligne d'échange, après avoir servi à sous-refroidir les liquides de reflux.

30 De l'azote résiduaire 27 est soutiré d'un niveau inférieur de la colonne basse pression et se réchauffe dans la ligne d'échange, après avoir servi à sous-refroidir les liquides de reflux.

La colonne peut éventuellement produire de l'argon en traitant un débit 51 soutiré en colonne basse pression 200. Le débit 52 est le liquide de cuve renvoyé de la colonne argon, s'il y en a une.

La colonne de mélange 300 est alimentée en tête par un liquide 35 riche  
5 en oxygène soutiré à un niveau intermédiaire de la colonne basse pression 200 pressurisé par la pompe 600 et en cuve par un débit d'air gazeux 122 provenant des turbines 17, 19. La colonne de mélange s'opère essentiellement à la moyenne pression.

Un débit d'oxygène gazeux 37 est soutiré en tête de la colonne de  
10 mélange et se réchauffe ensuite dans la ligne d'échange 9 et un débit liquide 41 est soutiré en cuve et envoyé à la colonne basse pression après détente dans une vanne. Il est possible de soutirer un débit intermédiaire de la colonne 300 qui est envoyé à la colonne basse pression.

Dans la Figure 2, un débit d'air à la pression atmosphérique est  
15 comprimé à environ 15 bars dans un compresseur principal (non-illustré). L'air est ensuite éventuellement refroidi, avant d'être épuré pour enlever les impuretés (non-illustré). L'air épuré est divisé en deux. Une partie de l'air 3 est envoyée à un surpresseur 5 où elle est comprimée jusqu'à une pression d'entre 17 et 20 bars et ensuite l'air surpressé est refroidi par un réfrigérant à l'eau 7  
20 avant d'être envoyé au bout chaud de la ligne d'échange principal 9 de l'appareil de séparation d'air. L'air surpressé 11 se refroidit jusqu'à une température intermédiaire avant d'être divisé en deux fractions 103, 123. La fraction 103 sort de la ligne d'échange et est divisée de nouveau en deux fractions. Une fraction 13 est envoyée dans une turbine 17 et le reste, une  
25 fraction 15 est envoyée dans une turbine 19. Les deux turbines ont la même température et pression d'aspiration et la même température et pression de sortie mais il est évidemment possible que ces températures et pression soient proches les unes des autres au lieu d'être identiques. Les deux débits turbinés sont mélangés pour former un débit 21 d'air dont une partie 121 est envoyée  
30 vers la double colonne et le reste 122 vers la colonne de mélange 300. En variante, la turbine 19 peut être une turbine d'insufflation débouchant à la pression de la colonne basse pression.

La fraction 123 poursuit son refroidissement dans la ligne d'échange 9 et en sort en amont du bout froid pour être envoyé au rebouilleur de cuve 301 de la colonne de mélange 300 où la fraction se condense au moins partiellement pour former le débit 125.

5 Une autre partie 2 de l'air à 15 bars constituant le reste de l'air est refroidie dans la ligne d'échange à une température intermédiaire supérieure à la température d'aspiration des turbines 17, 19, comprimée dans un deuxième surpresseur 23 jusqu'à 30 bars environ et réintroduite dans la ligne d'échange 9 à une température plus élevée afin de poursuivre son refroidissement.

10 Ainsi, l'air 37 à 30 bars environ se liquéfie dans la ligne d'échange et de l'oxygène liquide 25 se vaporise dans la ligne d'échange, la température de vaporisation du liquide étant proche de la température d'aspiration du deuxième surpresseur 23. L'air liquéfié sort de la ligne d'échange et est envoyé vers le système de colonnes après être mélangé avec l'air liquéfié 125 provenant du  
15 rebouilleur 301.

Un débit d'azote résiduaire 27 se réchauffe dans la ligne d'échange 9.

Le premier surpresseur 5 est couplé avec l'une des turbines 17, 19 et le deuxième surpresseur 23 est couplé avec l'autre des turbines 19, 17.

Le système de colonnes d'un appareil de séparation d'air est constitué  
20 par une colonne moyenne pression 100 thermiquement reliée avec une colonne basse pression 200 à minaret, une colonne de mélange 300 et une colonne argon optionnelle (non-illustrée). La colonne basse pression ne comporte pas obligatoirement de minaret.

La colonne moyenne pression opère à une pression de 5,5 bars mais  
25 peut opérer à une pression plus élevée.

L'air gazeux 121 provenant des deux turbines 17, 19 est le débit envoyé en cuve de la colonne moyenne pression 100.

L'air liquéfié 37 est détendu dans la vanne 39 et envoyé au moins à la colonne moyenne pression 100.

30 Du liquide riche 51, du liquide pauvre inférieur 53 et du liquide pauvre supérieur 55 sont envoyés depuis la colonne moyenne pression 100 vers la colonne basse pression 200 après des étapes de détente dans des vannes et de sous-refroidissement.



De l'oxygène liquide est pressurisé par la pompe 500 et envoyé comme liquide pressurisé 25 vers la ligne d'échange 9. En addition ou alternativement d'autres liquides, pressurisés ou non, peuvent se vaporiser dans la ligne d'échange.

- 5 De l'azote gazeux est optionnellement soutiré de la colonne moyenne pression et se refroidit également dans la ligne d'échange 9.

De l'azote 33 est soutiré en tête de la colonne basse pression et se réchauffe dans la ligne d'échange, après avoir servi à sous-refroidir les liquides de reflux.

- 10 De l'azote résiduaire 27 est soutiré d'un niveau inférieur de la colonne basse pression et se réchauffe dans la ligne d'échange, après avoir servi à sous-refroidir les liquides de reflux.

La colonne peut éventuellement produire de l'argon en traitant un débit 51 soutiré en colonne basse pression 200.

- 15 La colonne de mélange 300 est alimentée uniquement en tête par un liquide 35 riche en oxygène soutiré à un niveau intermédiaire de la colonne basse pression 200 et pressurisé dans la pompe 600. La colonne de mélange s'opère essentiellement à la moyenne pression. En modifiant la pression du débit 123, la colonne de mélange 300 peut opérer à une pression différente de  
20 la moyenne pression. Eventuellement une partie du liquide riche 51 peut être envoyée en cuve de la colonne 300.

- Un débit d'oxygène gazeux 37 est soutiré en tête de la colonne de mélange et se réchauffe dans la ligne d'échange 9 et un débit liquide 41 est soutiré en cuve et envoyé à la colonne basse pression après détente dans une  
25 vanne.

## REVENDICATIONS

1. Procédé de séparation d'air par distillation cryogénique dans une installation comprenant une double ou triple colonne (100, 200) de séparation d'air, dont la colonne opérant à la pression la plus élevée (100) opère à une pression dite moyenne pression et une ligne d'échange (9) dans lequel :
- a) tout l'air est porté à une haute pression, éventuellement supérieure d'au moins 5 bars à la moyenne pression, et épuré, éventuellement à cette haute pression,
  - b) une partie du débit d'air épuré est refroidie dans la ligne d'échange et est ensuite divisée en deux fractions,
  - c) chaque fraction se détend dans une turbine (17, 19),
  - d) la pression d'admission des deux turbines est (les pressions des deux turbines sont) supérieure d'au moins 5 bars à la moyenne pression,
  - e) la pression de refoulement d'au moins une des deux turbines est sensiblement égale à la moyenne pression,
  - f) on envoie au moins une partie de l'air détendu dans au moins une des turbines à la colonne moyenne pression d'une double ou triple colonne,
  - g) un surpresseur froid (23) mécaniquement relié à une des turbines de détente aspire de l'air, qui a subi un refroidissement dans la ligne d'échange, et refoule l'air à une température supérieure à la température d'admission, et le fluide ainsi comprimé est réintroduit dans la ligne d'échange dans laquelle au moins une partie du fluide se (pseudo) condense,
  - h) au moins un liquide pressurisé provenant d'une des colonnes est (pseudo) vaporisé dans la ligne d'échange à une température de vaporisation et caractérisé en ce que
    - i) la turbine (17) non couplée au surpresseur froid est couplée à un surpresseur (5) suivi d'un réfrigérant et éventuellement
    - ii) la température d'aspiration du surpresseur froid (23) est proche de la température de (pseudo) vaporisation du liquide.

2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel l'installation comprend, en plus de la double ou triple colonne, une colonne de mélange (300) et de l'air provenant d'au moins une des turbines (17, 19) est envoyé à la colonne de mélange, éventuellement après avoir transité par la colonne  
5 moyenne pression (100).

3. Procédé selon la revendication 2 dans lequel l'air envoyé à au moins une des turbines (17, 19) en amont de la colonne de mélange provient du surpresseur (5) autre que le surpresseur froid (23) et sort de ce surpresseur à une pression supérieure à la haute pression.

10 4. Procédé selon l'une des revendications 2 ou 3 dans lequel de l'air (13, 15) détendu dans au moins une des turbines (17, 19) est envoyé à la cuve de la colonne de mélange (300), pour y participer à l'échange de matière.

5. Procédé selon la revendication 1 dans lequel de l'air (123) à au moins la haute pression est envoyé à un rebouilleur de cuve (301) de la  
15 colonne de mélange (300) où il se condense au moins partiellement avant d'être envoyé à la double ou triple colonne.

6. Installation de séparation d'air par distillation cryogénique comprenant :

20 a) une double ou triple colonne (100, 200) de séparation d'air, dont la colonne (100) opérant à la pression la plus élevée opère à une pression dite moyenne pression,

b) une ligne d'échange (9),

c) des moyens pour porter tout l'air à une haute pression plus élevée que la moyenne pression et des moyens pour l'épurer, éventuellement à  
25 cette haute pression,

d) des moyens pour envoyer une partie du débit d'air épuré dans la ligne d'échange pour le refroidir et des moyens pour diviser cet air refroidi en deux fractions,

30 e) deux turbines (17, 19) et des moyens pour envoyer une fraction d'air à chaque turbine,

f) des moyens pour envoyer au moins une partie de l'air détendu dans au moins une des turbines à la colonne moyenne pression de la double ou triple colonne,

g) un surpresseur froid (23), des moyens pour envoyer de l'air, de préférence soutiré à un point intermédiaire de la ligne d'échange principale au surpresseur froid et des moyens pour envoyer de l'air surpressé dans le surpresseur froid dans la ligne d'échange à un point intermédiaire en amont du point de soutirage,

h) des moyens (500) pour pressuriser au moins un liquide provenant d'une des colonnes, des moyens pour envoyer l'au moins un liquide pressurisé dans la ligne d'échange et des moyens pour sortir un liquide vaporisé de la ligne d'échange,

i) le surpresseur froid est couplé à une des turbines (19), caractérisée en ce que la turbine non-couplée (17) au surpresseur froid est couplée à un surpresseur (5) suivi d'un réfrigérant

7. Installation selon la revendication 6 comprenant une colonne de mélange et des moyens pour envoyer de l'air à la colonne de mélange depuis au moins une des turbines (17, 19).

8. Installation selon la revendication 7 comprenant des moyens pour envoyer une partie de l'air comprimé dans le surpresseur (5) constituant le moyen de dissipation d'énergie ou faisant partie de celui-ci à au moins une turbine de détente (17, 19) en amont de la colonne de mélange.

9. Installation selon une des revendications 7 ou 8 comprenant des moyens pour envoyer de l'air provenant d'au moins une des turbines (17, 19) dans la colonne de mélange pour y participer à l'échange de matière.

10. Installation selon la revendication 6 comprenant des moyens pour envoyer de l'air (123) à au moins la haute pression dans un rebouilleur de cuve (301) de la colonne de mélange (300) et des moyens pour envoyer de l'air au moins partiellement condensé dans ce rebouilleur de cuve à la double ou triple colonne.

**REVENDICATIONS MODIFIEES**

[reçues par le Bureau international le 04 juillet 2005 (04.07.2005);  
revendications originales 1-10 remplacées par les revendications modifiées 1-8 (3 pages)]

1. Procédé de séparation d'air par distillation cryogénique dans une installation comprenant une double ou triple colonne (100, 200) de séparation d'air, dont la colonne opérant à la pression la plus élevée (100) opère à une pression dite moyenne pression et une ligne d'échange (9) dans lequel :
- a) tout l'air est porté à une haute pression, éventuellement supérieure d'au moins 5 bars à la moyenne pression, et épuré, éventuellement à cette haute pression,
  - b) une partie du débit d'air épuré est refroidie dans la ligne d'échange et est ensuite divisée en deux fractions,
  - c) chaque fraction se détend dans une turbine (17, 19),
  - d) la pression d'admission des deux turbines est (les pressions des deux turbines sont) supérieure d'au moins 5 bars à la moyenne pression,
  - e) la pression de refoulement d'au moins une des deux turbines est sensiblement égale à la moyenne pression,
  - f) on envoie au moins une partie de l'air détendu dans au moins une des turbines à la colonne moyenne pression d'une double ou triple colonne,
  - g) un surpresseur froid (23) mécaniquement relié à une des turbines de détente aspire de l'air, qui a subi un refroidissement dans la ligne d'échange, et refoule l'air à une température supérieure à la température d'admission, et le fluide ainsi comprimé est réintroduit dans la ligne d'échange dans laquelle au moins une partie du fluide se (pseudo) condense,
  - h) au moins un liquide pressurisé provenant d'une des colonnes est (pseudo) vaporisé dans la ligne d'échange à une température de vaporisation et
  - i) la turbine (17) non couplée au surpresseur froid est couplée à un surpresseur (5) suivi d'un réfrigérant et éventuellement
  - j) la température d'aspiration du surpresseur froid (23) est proche de la température de (pseudo) vaporisation du liquide.
- caractérisé en ce que l'installation comprend, en plus de la double ou triple colonne, une colonne de mélange (300) et de l'air provenant d'au moins une

des turbines (17, 19) est envoyé à la colonne de mélange, éventuellement après avoir transité par la colonne moyenne pression (100).

2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel l'air envoyé à au moins une des turbines (17, 19) en amont de la colonne de mélange provient du surpresseur (5) autre que le surpresseur froid (23) et sort de ce surpresseur à une pression supérieure à la haute pression.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2 dans lequel de l'air (13, 15) détendu dans au moins une des turbines (17, 19) est envoyé à la cuve de la colonne de mélange (300), pour y participer à l'échange de matière.

4. Procédé selon la revendication 1 dans lequel de l'air (123) à au moins la haute pression est envoyé à un rebouilleur de cuve (301) de la colonne de mélange (300) où il se condense au moins partiellement avant d'être envoyé à la double ou triple colonne.

5. Installation de séparation d'air par distillation cryogénique comprenant :

a) une double ou triple colonne (100, 200) de séparation d'air, dont la colonne (100) opérant à la pression la plus élevée opère à une pression dite moyenne pression,

b) une ligne d'échange (9),

c) des moyens pour porter tout l'air à une haute pression plus élevée que la moyenne pression et des moyens pour l'épurer, éventuellement à cette haute pression,

d) des moyens pour envoyer une partie du débit d'air épuré dans la ligne d'échange pour le refroidir et des moyens pour diviser cet air refroidi en deux fractions,

e) deux turbines (17, 19) et des moyens pour envoyer une fraction d'air à chaque turbine,

f) des moyens pour envoyer au moins une partie de l'air détendu dans au moins une des turbines à la colonne moyenne pression de la double ou triple colonne,

g) un surpresseur froid (23), des moyens pour envoyer de l'air, de préférence soutiré à un point intermédiaire de la ligne d'échange principale au surpresseur froid et des moyens pour envoyer de l'air surpressé dans le

surpresseur froid dans la ligne d'échange à un point intermédiaire en amont du point de soutirage,

h) des moyens (500) pour pressuriser au moins un liquide provenant d'une des colonnes, des moyens pour envoyer l'au moins un liquide pressurisé dans la ligne d'échange et des moyens pour sortir un liquide vaporisé de la ligne d'échange,

i) le surpresseur froid est couplé à une des turbines (19),

j) la turbine non-couplée (17) au surpresseur froid est couplée à un surpresseur (5) suivi d'un réfrigérant

10 caractérisée en ce qu'elle comprend une colonne de mélange et des moyens pour envoyer de l'air à la colonne de mélange depuis au moins une des turbines (17, 19).

6. Installation selon la revendication 5 comprenant des moyens pour envoyer une partie de l'air comprimé dans le surpresseur (5) constituant le

15 moyen de dissipation d'énergie ou faisant partie de celui-ci à au moins une turbine de détente (17, 19) en amont de la colonne de mélange.

7. Installation selon une des revendications 5 ou 6 comprenant des moyens pour envoyer de l'air provenant d'au moins une des turbines (17, 19) dans la colonne de mélange pour y participer à l'échange de matière.

20 8. Installation selon la revendication 5 comprenant des moyens pour envoyer de l'air (123) à au moins la haute pression dans un rebouilleur de cuve (301) de la colonne de mélange (300) et des moyens pour envoyer de l'air au moins partiellement condensé dans ce rebouilleur de cuve à la double ou triple colonne.

25

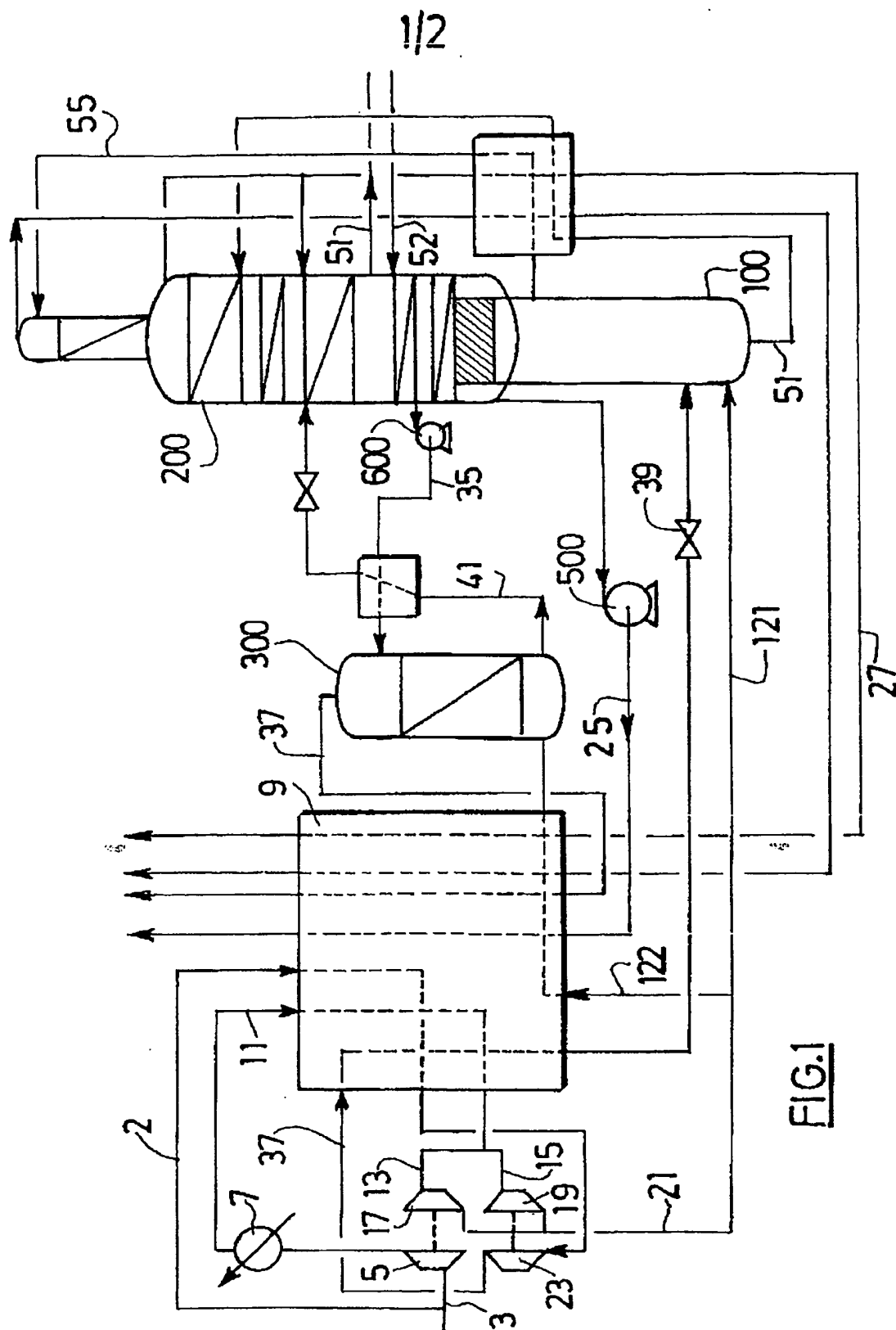
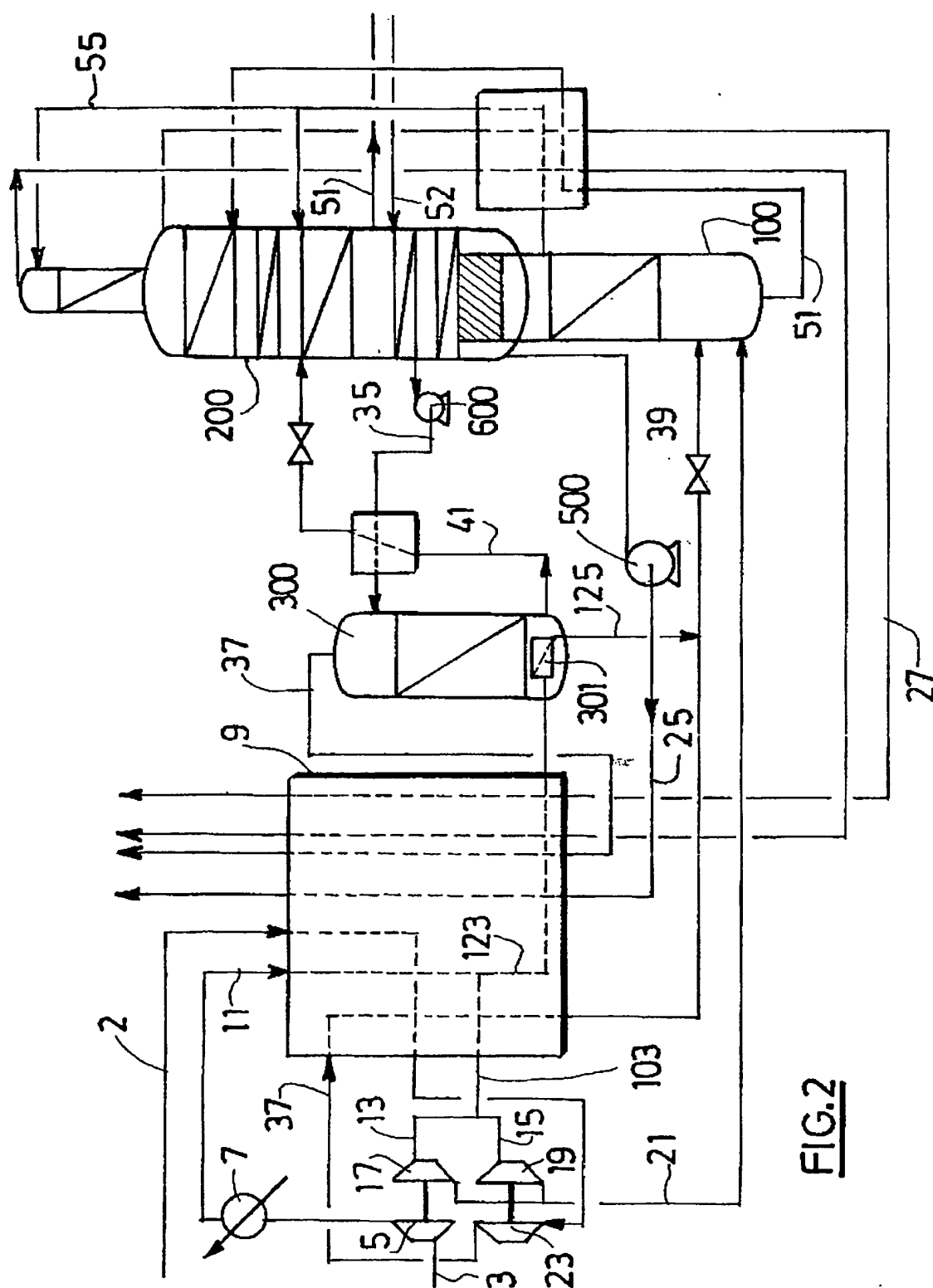


FIG. 1



2/2



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/F R2005/050011

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 F25J3/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 F25J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X	WO 2004/099690 A (L'AIR LIQUIDE SOCIETE ANONYME A DIRECTOIRE ET CONSEIL DE SURVEILLANCE) 18 November 2004 (2004-11-18) figures 1,2	1,6
A	US 5 475 980 A (GRENIER ET AL) 19 December 1995 (1995-12-19) figures 4,5	1,6
A	EP 0 698 772 A (THE BOC GROUP, INC) 28 February 1996 (1996-02-28) figure	2-4,7-9
A	US 5 704 228 A (TRANIER ET AL) 6 January 1998 (1998-01-06) figure 5	5,10
	----- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 June 2005

Date of mailing of the international search report

20/06/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Göritz, D

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR2005/050011

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 199 51 521 A1 (LINDE AG) 3 May 2001 (2001-05-03) the whole document	1-4, 6-9
P, A	----- WO 2004/099691 A (L'AIR LIQUIDE SOCIETE ANONYME A DIRECTOIRE ET CONSEIL DE SURVEILLANCE) 18 November 2004 (2004-11-18) figures 1,2 -----	1, 6

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR2005/050011

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2004099690	A	18-11-2004	FR 2854682 A1 WO 2004099690 A1	12-11-2004 18-11-2004
US 5475980	A	19-12-1995	NONE	
EP 0698772	A	28-02-1996	US 5490391 A AU 690295 B2 AU 2851595 A DE 69509841 D1 DE 69509841 T2 EP 0698772 A1 JP 8075349 A ZA 9506148 A	13-02-1996 23-04-1998 07-03-1996 01-07-1999 23-09-1999 28-02-1996 19-03-1996 06-06-1996
US 5704228	A	06-01-1998	FR 2731781 A1 AU 705015 B2 AU 4813896 A BR 9601021 A CA 2171679 A1 CN 1142042 A DE 69611469 D1 DE 69611469 T2 EP 0732556 A1 ES 2153942 T3 JP 9079744 A ZA 9602087 A	20-09-1996 13-05-1999 26-09-1996 30-12-1997 16-09-1996 05-02-1997 15-02-2001 21-06-2001 18-09-1996 16-03-2001 28-03-1997 07-08-1996
DE 19951521	A1	03-05-2001	NONE	
WO 2004099691	A	18-11-2004	FR 2854683 A1 WO 2004099691 A1	12-11-2004 18-11-2004

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR2005/050011

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
CIB 7 F25J3/04

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 7 F25J

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)  
EP0-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
P,X	WO 2004/099690 A (L'AIR LIQUIDE SOCIETE ANONYME A DIRECTOIRE ET CONSEIL DE SURVEILLANCE) 18 novembre 2004 (2004-11-18) figures 1,2	1,6
A	US 5 475 980 A (GRENIER ET AL) 19 décembre 1995 (1995-12-19) figures 4,5	1,6
A	EP 0 698 772 A (THE BOC GROUP, INC) 28 février 1996 (1996-02-28) figure	2-4,7-9
A	US 5 704 228 A (TRANIER ET AL) 6 janvier 1998 (1998-01-06) figure 5	5,10
	----- -/-	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- "&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

7 juin 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

20/06/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Göritz, D

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR2005/050011

## C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	DE 199 51 521 A1 (LINDE AG) 3 mai 2001 (2001-05-03) le document en entier	1-4, 6-9
P, A	----- WO 2004/099691 A (L'AIR LIQUIDE SOCIETE ANONYME A DIRECTOIRE ET CONSEIL DE SURVEILLANCE) 18 novembre 2004 (2004-11-18) figures 1,2 -----	1, 6

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR2005/050011

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2004099690	A	18-11-2004	FR 2854682 A1 WO 2004099690 A1	12-11-2004 18-11-2004
US 5475980	A	19-12-1995	AUCUN	
EP 0698772	A	28-02-1996	US 5490391 A AU 690295 B2 AU 2851595 A DE 69509841 D1 DE 69509841 T2 EP 0698772 A1 JP 8075349 A ZA 9506148 A	13-02-1996 23-04-1998 07-03-1996 01-07-1999 23-09-1999 28-02-1996 19-03-1996 06-06-1996
US 5704228	A	06-01-1998	FR 2731781 A1 AU 705015 B2 AU 4813896 A BR 9601021 A CA 2171679 A1 CN 1142042 A DE 69611469 D1 DE 69611469 T2 EP 0732556 A1 ES 2153942 T3 JP 9079744 A ZA 9602087 A	20-09-1996 13-05-1999 26-09-1996 30-12-1997 16-09-1996 05-02-1997 15-02-2001 21-06-2001 18-09-1996 16-03-2001 28-03-1997 07-08-1996
DE 19951521	A1	03-05-2001	AUCUN	
WO 2004099691	A	18-11-2004	FR 2854683 A1 WO 2004099691 A1	12-11-2004 18-11-2004